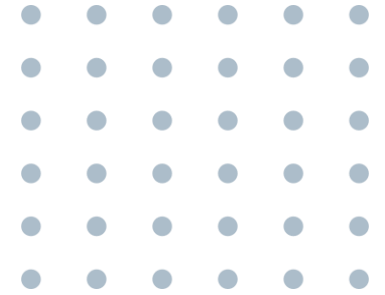




KTI
Alapítva - Since 1938

Magyar
Közlekedéstudományi
és Logisztikai Intézet



Új megoldások a közösségi közlekedésben

Bikal, 2023. november 9.

Budapest célú vasúti jegyeladások térstatisztikai vizsgálata

Ács Balázs

Integrált közlekedési vezető

Dr. Szabó Zsombor

Integrált közlekedési szakértő
Tudományos munkatárs



- Magyarországon minden harmadik foglalkoztatott ingázó
- Hatalmas teher hárul a helyközi közösségi közlekedésre
- Budapest, mint a helyközi közlekedési rendszer központja, szerepe kiemelkedő
 - Kiterjedt elővárosi forgalom
 - Nagy volumenű távolsági utazások
- Elemzéshez a MÁV-START Zrt. jegyeladási adatbázisát használtuk fel
 - Jegyeladási volumen
 - Bérletek a hivatalos szorzótényezővel ellátva
 - 2011-2019 időintervallumban
- Elemzéshez a térstatisztika eszközrendszerét alkalmaztuk
 - Távolság-hanyatlás görbék
 - Térökonometriai modellek



- Vizsgálatunkat lineáris regressziós módszertannal kívántuk lefolytatni
- Függő változó: fizetős utazások becsült száma Budapest kiindulási, vagy célponttal 2011 és 2019 között
- Magyarázóváltozók:
 - Céltelepülés lakosság száma
 - Céltelepülés Budapesttől vett távolsága
 - Budapestre tartó közvetlen buszjáratok száma átlagos hétköznapon
 - Legközelebbi autópálya-lehajtó távolsága
 - Jegyeladási időszak – kategória változó
 - Budapestre közlekedő vonatok darabszáma
 - Hátország mérete – kategória változó

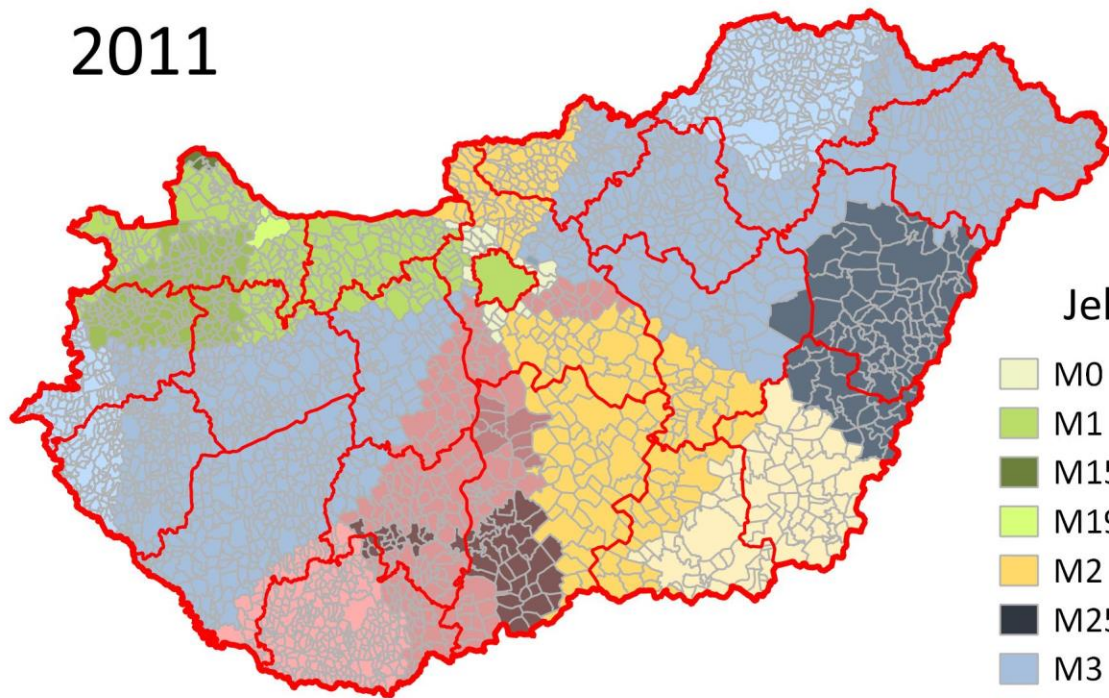


- Mivel térbeli adatokról van szó, célszerű a térstatisztika eszközszerét alkalmazni
- Geográfia első törvénye (Waldo Tobler – 1979): A világon minden mindennel összefügg, de a közelebbi események jobban hatnak egymásra, mint a távolabbiak
- Távolság-hanyatlás görbe alkalmazása: $U = \gamma a D^b \rightarrow \ln U = \ln \gamma + \ln a + b \ln D$
 - a : lakosság szám (továbbiakban L) – a távolság-hanyatlás görbék esetében kitüntetett paraméter
 - $\gamma = f(\dots)$ – a magyarázóváltozók függvénye
- OLS: $\ln U = \alpha + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln D + \sum_{i=3}^k \beta_i X_i + \varepsilon$



- Függő változó: fizetős utazások becsült száma Budapest kiindulási, vagy célponttal 2011 és 2019 között
- Magyarázóváltozók:
 - Céltelepülés lakosságszáma (+)
 - Céltelepülés Budapesttől vett távolsága (-)
 - Budapestre tartó közvetlen buszjáratok száma átlagos hétköznapon (2018-as adat) (-)
 - Legközelebbi autópálya-lehajtó távolsága (évenként) (+)
 - Jegyeladási időszak – kategória változó
 - Budapestre közlekedő vonatok darabszáma (+)
 - Hátország mérete – kategória változó (+)

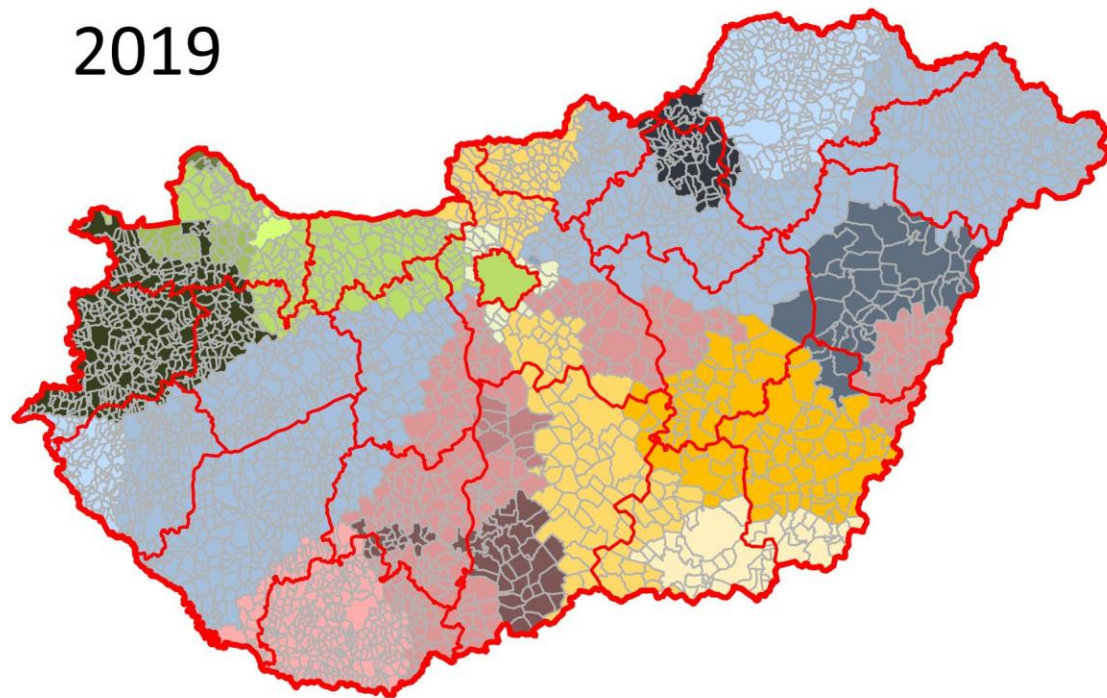
2011



Jelmagyarázat

- | | | |
|-----|-----|-----|
| M0 | M31 | M7 |
| M1 | M35 | M70 |
| M15 | M4 | M8 |
| M19 | M43 | M85 |
| M2 | M44 | M86 |
| M25 | M5 | M9 |
| M3 | M6 | |
| M30 | M60 | |

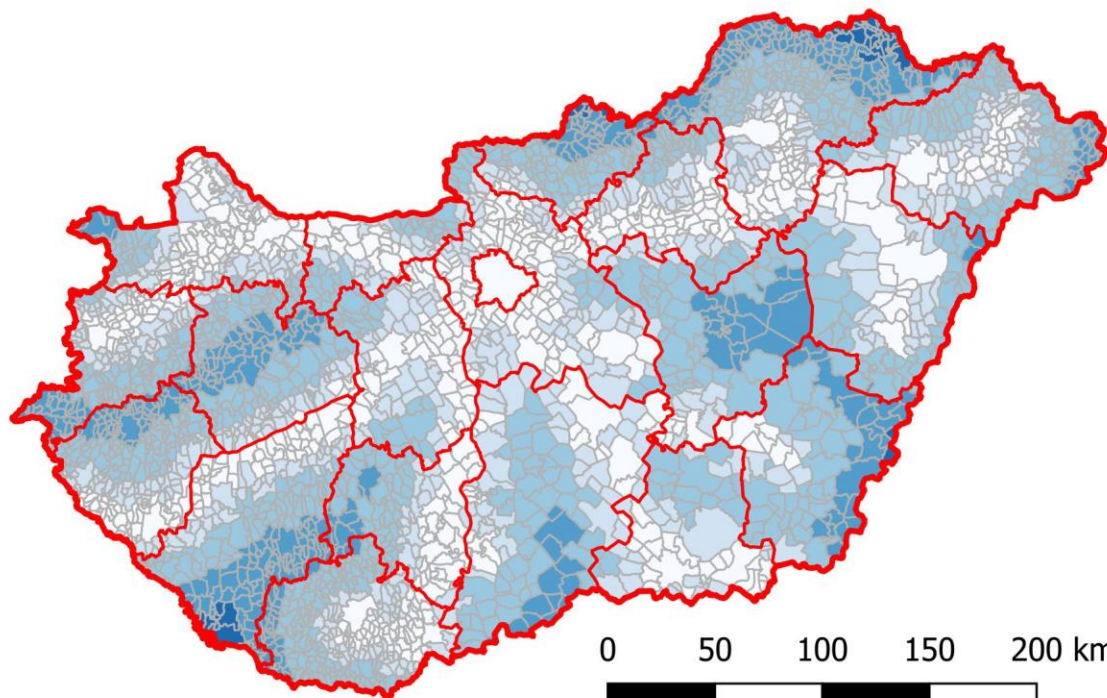
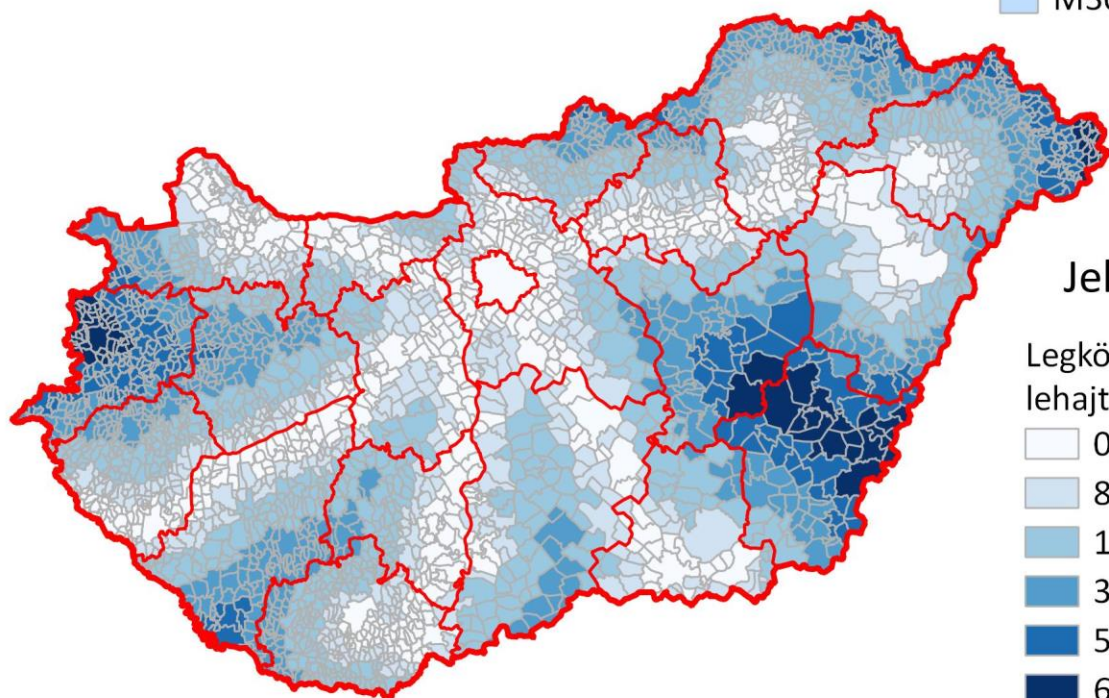
2019



Jelmagyarázat

Legközelebbi autópálya
lehajtótól való távolság

- | |
|---------|
| 0 - 8 |
| 8 - 17 |
| 17 - 34 |
| 34 - 51 |
| 51 - 68 |
| 68 - 85 |



0 50 100 150 200 km

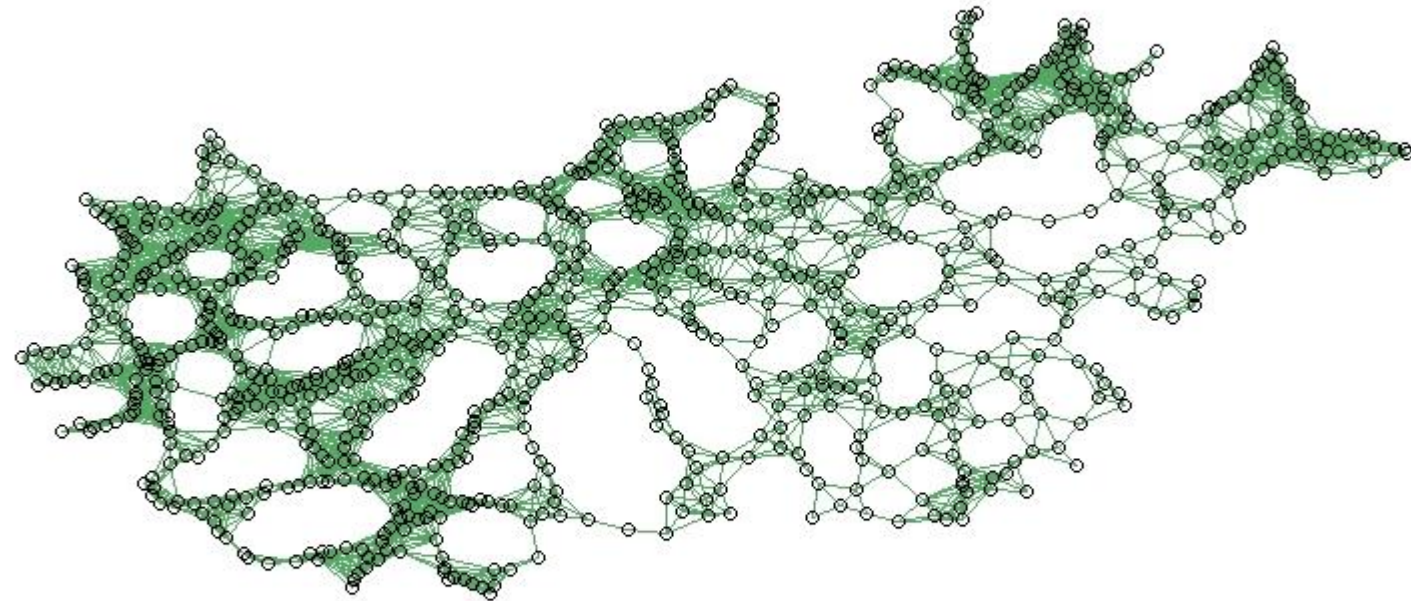


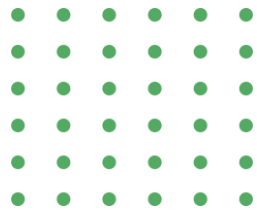


- A Gauss–Markov-tétel kimondja, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén az eddigiekben meghatározott modell (OLS) is alkalmazható
 - Idősoros adatok – kategóriaváltozókkal kezeltük
 - Térbeli adatok
- Azonban, vélhetően a térbeli autokorreláció feltétele nem teljesül
 - Geográfia első törvénye miatt
- Térökonometriai modellek felállítása
 - Térbeli súlymátrix meghatározása
 - Térbeli autokorreláció igazolása – Moran-próba
 - Megfelelő térökonometriai modell kiválasztása – Lagrange-multiplikátor tesztek
 - Kiválasztott térökonometriai modellek vizsgálata



- A térbeli autokorreláció csak súlymátrix mellett azonosítható ($W = \{w_{ij}\}$)
- Bináris súlymátrix
 - Ha két település „szomszédos”, akkor $w_{ij} = 1$, egyébként $w_{ij} = 0$
- Amennyiben a települések egy bizonyos távolságon belül vannak, akkor számítanak szomszédosnak
- Az adatsorunk speciális felépítése miatt ki kellett zárni az önmagukkal való összefüggést





- A leggyakrabban alkalmazott autokorrelációs teszt a Moran-próba

$$I = \frac{N \sum_{i,j} (w_{ij} (x_i - \mu)(x_j - \mu))}{S_0 \sum_i (x_i - \mu)^2}$$

- Ahol:
 - x_i és x_j a vizsgált adatsor két eleme $\forall i, j \in [1 \dots N]$
 - w_{ij} : a súlymátrix megfelelő eleme
 - $\mu = \mathbf{E}(x)$
 - $S_0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}$
- A Moran-próba próbastatisztika értéke (I) normáleloszlást követ, így az arra vonatkozó teszt, hogy szignifikánsan eltér-e nullától u-próbával számítható



- Amennyiben az adatokban térbeli autokorreláció figyelhető meg a klasszikus legkisebb négyzetek alapján felírt modell nem alkalmazható (OLS: $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$)
- Ebben az esetben három lehetséges modell állítható fel:

- Térbeli autoregressziós modellek (SAR – Spatial Autoregression)

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W} \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

- Térbeli hibamodellek (SEM – Spatial Error Modell)

$$\mathbf{y} = \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \lambda \mathbf{W} \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

- Térbeli autokorrelációs modellek (SAC – Spatial Autocorrelation)

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}_1 \mathbf{y} + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \lambda \mathbf{W}_2 \mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$$



- Annak eldöntésére, hogy melyik térökonometriai modellt célszerű alkalmazni a Lagrange-multiplikátor tesztek állnak rendelkezésre
- A Lagrange-multiplikátor tesztek azt vizsgálják, hogy egy (vagy több) paraméter szignifikánsan eltér-e nullától
 - OLS ($\rho = 0, \lambda = 0$) $\rightarrow \mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$
 - SAR ($\rho \neq 0, \lambda = 0$) $\rightarrow \mathbf{y} = \rho\mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$
 - SEM ($\rho = 0, \lambda \neq 0$) $\rightarrow \mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \lambda\mathbf{W}\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$
 - SAC ($\rho \neq 0, \lambda \neq 0$) $\rightarrow \mathbf{y} = \rho\mathbf{W}_1\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \lambda\mathbf{W}_2\mathbf{u} + \boldsymbol{\varepsilon}$
- A Lagrange-multiplikátor tesztek chí-négyzet eloszlást követnek, a szabadságfok pedig annak megfelelő, hogy hány paramétert rögzítünk nullának

- Hagyományos, legkisebb négyzetek módszerén alapuló modellezés
- A paraméterek előjele megfelel az előzetes elvárásainknak
 - Autópálya-lehajtó távolsága (+)
 - Vonatok darabszáma (+)
 - Hátország (+)
- Érdekes megfigyelni az év kategóriaváltozók alakulását
- R^2 érték nagyjából 64 százalék körül alakul

	Paraméter	t-érték
Tengelymetszet	2.4212	8.17***
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0328	51.74***
Távolság (logaritmizált)	-0.8486	-16.53***
Buszok darabszáma	-0.0054	-5.95***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0055	3.85***
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.32*
Év – 2013 (kategória)	-0.7248	-7.84***
Év – 2014 (kategória)	-0.7670	-8.29***
Év – 2015 (kategória)	-0.3997	-4.32***
Év – 2016 (kategória)	-0.2933	-3.17**
Év – 2017 (kategória)	-0.2878	-3.11**
Év – 2018 (kategória)	-0.2697	-2.91**
Év – 2019 (kategória)	-0.3223	-3.47***
Vonatok darabszáma	0.0800	32.32***
Hátország – 1 (kategória)	1.2510	19.47***
Hátország – 2 (kategória)	1.6483	12.47***
Hátország – 3 (kategória)	2.0260	8.16***
Hátország – 4 (kategória)	2.9836	6.51***
R^2	0.6390	821.50***

- Hagyományos, legkisebb négyzetek módszerén alapuló modellezés
- A paraméterek előjele megfelel az előzetes elvárásainknak
 - Autópálya-lehajtó távolsága (+)
 - Vonatok darabszáma (+)
 - Hátország (+)
- Érdekes megfigyelni az év kategóriaváltozók alakulását
- R^2 érték nagyjából 64 százalék körül alakul

	Paraméter	t-érték
Tengelymetszet	2.4212	8.17***
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0328	51.74***
Távolság (logaritmizált)	-0.8486	-16.53***
Buszok darabszáma	-0.0054	-5.95***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0055	3.85***
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.32*
Év – 2013 (kategória)	-0.7248	-7.84***
Év – 2014 (kategória)	-0.7670	-8.29***
Év – 2015 (kategória)	-0.3997	-4.32***
Év – 2016 (kategória)	-0.2933	-3.17**
Év – 2017 (kategória)	-0.2878	-3.11**
Év – 2018 (kategória)	-0.2697	-2.91**
Év – 2019 (kategória)	-0.3223	-3.47***
Vonatok darabszáma	0.0800	32.32***
Hátország – 1 (kategória)	1.2510	19.47***
Hátország – 2 (kategória)	1.6483	12.47***
Hátország – 3 (kategória)	2.0260	8.16***
Hátország – 4 (kategória)	2.9836	6.51***
R^2	0.6390	821.50***

- Hagyományos, legkisebb négyzetek módszerén alapuló modellezés
- A paraméterek előjele megfelel az előzetes elvárásainknak
 - Autópálya-lehajtó távolsága (+)
 - Vonatok darabszáma (+)
 - Hátország (+)
- Érdekes megfigyelni az év kategóriaváltozók alakulását
- R^2 érték nagyjából 64 százalék körül alakul

	Paraméter	t-érték
Tengelymetszet	2.4212	8.17***
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0328	51.74***
Távolság (logaritmizált)	-0.8486	-16.53***
Buszok darabszáma	-0.0054	-5.95***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0055	3.85***
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.32*
Év – 2013 (kategória)	-0.7248	-7.84***
Év – 2014 (kategória)	-0.7670	-8.29***
Év – 2015 (kategória)	-0.3997	-4.32***
Év – 2016 (kategória)	-0.2933	-3.17**
Év – 2017 (kategória)	-0.2878	-3.11**
Év – 2018 (kategória)	-0.2697	-2.91**
Év – 2019 (kategória)	-0.3223	-3.47***
Vonatok darabszáma	0.0800	32.32***
Hátország – 1 (kategória)	1.2510	19.47***
Hátország – 2 (kategória)	1.6483	12.47***
Hátország – 3 (kategória)	2.0260	8.16***
Hátország – 4 (kategória)	2.9836	6.51***
R^2	0.6390	821.50***

- Hagyományos, legkisebb négyzetek módszerén alapuló modellezés
- A paraméterek előjele megfelel az előzetes elvárásainknak
 - Autópálya-lehajtó távolsága (+)
 - Vonatok darabszáma (+)
 - Hátország (+)
- Érdekes megfigyelni az év kategóriaváltozók alakulását
- R^2 érték nagyjából 64 százalék körül alakul

	Paraméter	t-érték
Tengelymetszet	2.4212	8.17***
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0328	51.74***
Távolság (logaritmizált)	-0.8486	-16.53***
Buszok darabszáma	-0.0054	-5.95***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0055	3.85***
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.32*
Év – 2013 (kategória)	-0.7248	-7.84***
Év – 2014 (kategória)	-0.7670	-8.29***
Év – 2015 (kategória)	-0.3997	-4.32***
Év – 2016 (kategória)	-0.2933	-3.17**
Év – 2017 (kategória)	-0.2878	-3.11**
Év – 2018 (kategória)	-0.2697	-2.91**
Év – 2019 (kategória)	-0.3223	-3.47***
Vonatok darabszáma	0.0800	32.32***
Hátország – 1 (kategória)	1.2510	19.47***
Hátország – 2 (kategória)	1.6483	12.47***
Hátország – 3 (kategória)	2.0260	8.16***
Hátország – 4 (kategória)	2.9836	6.51***
R^2	0.6390	821.50***



- A Moran-I értéke szignifikánsan különbözik nullától
 - Autokorreláció van az adatokban
 - Pozitív autokorreláció – adatok sűrűsödése a térben
- A Lagrange-multiplikátor tesztek is szignifikánsak
 - Mindhárom modellt (SAR, SEM, SAC) érdemes megvizsgálni

	I	Próbastatisztika	Szabadságfok
Moran	0.2566	159.49***	-
LM-ERR	-	24008.04***	1
LM-LAG	-	2984.52***	1
RLM-ERR	-	21085.91***	1
RLM-LAG	-	62.39***	1
SARMA	-	24070.43***	2

- Térbeli késleltetésen alapuló modell
- Általánosan ugyanazokat lehet elmondani a modellről, mint az OLS esetében
- A távolság paraméter előjelet vált – maradék autokorreláció fontossága
- Hátság kategóriák felbomlása

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	-5.0188	-16.28 ***
Lakosságszám (logaritmizált)	0.8861	45.33 ***
Távolság (logaritmizált)	0.1852	3.54 ***
Buszok darabszáma	-0.0032	-3.86 ***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0045	3.46 ***
Év – 2012 (kategória)	-0.2152	-2.55 *
Év – 2013 (kategória)	-0.7261	-8.61 ***
Év – 2014 (kategória)	-0.7716	-9.14 ***
Év – 2015 (kategória)	-0.4071	-4.82 ***
Év – 2016 (kategória)	-0.3016	-3.57 ***
Év – 2017 (kategória)	-0.2970	-3.51 ***
Év – 2018 (kategória)	-0.2806	-3.32 ***
Év – 2019 (kategória)	-0.3392	-4.00 ***
Vonatok darabszáma	0.0586	24.97 ***
Hátország – 1 (kategória)	1.6212	27.10 ***
Hátország – 2 (kategória)	2.1367	17.46 ***
Hátország – 3 (kategória)	1.4782	6.52 ***
Hátország – 4 (kategória)	3.0822	7.37 ***
ρ	0.5421	39.17 ***

- Térbeli késleltetésen alapuló modell
- Általánosan ugyanazokat lehet elmondani a modellről, mint az OLS esetében
- A távolság paraméter előjelet vált – maradék autokorreláció fontossága
- Hátság kategóriák felbomlása

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	-5.0188	-16.28 ***
Lakosságszám (logaritmizált)	0.8861	45.33 ***
Távolság (logaritmizált)	0.1852	3.54 ***
Buszok darabszáma	-0.0032	-3.86 ***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0045	3.46 ***
Év – 2012 (kategória)	-0.2152	-2.55 *
Év – 2013 (kategória)	-0.7261	-8.61 ***
Év – 2014 (kategória)	-0.7716	-9.14 ***
Év – 2015 (kategória)	-0.4071	-4.82 ***
Év – 2016 (kategória)	-0.3016	-3.57 ***
Év – 2017 (kategória)	-0.2970	-3.51 ***
Év – 2018 (kategória)	-0.2806	-3.32 ***
Év – 2019 (kategória)	-0.3392	-4.00 ***
Vonatok darabszáma	0.0586	24.97 ***
Hátország – 1 (kategória)	1.6212	27.10 ***
Hátország – 2 (kategória)	2.1367	17.46 ***
Hátország – 3 (kategória)	1.4782	6.52 ***
Hátország – 4 (kategória)	3.0822	7.37 ***
ρ	0.5421	39.17 ***

- Térbeli késleltetésen alapuló modell
- Általánosan ugyanazokat lehet elmondani a modellről, mint az OLS esetében
- A távolság paraméter előjelet vált – maradék autokorreláció fontossága
- Hátság kategóriák felbomlása

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	-5.0188	-16.28 ***
Lakosságszám (logaritmizált)	0.8861	45.33 ***
Távolság (logaritmizált)	0.1852	3.54 ***
Buszok darabszáma	-0.0032	-3.86 ***
Autópálya-lehajtó távolsága	0.0045	3.46 ***
Év – 2012 (kategória)	-0.2152	-2.55 *
Év – 2013 (kategória)	-0.7261	-8.61 ***
Év – 2014 (kategória)	-0.7716	-9.14 ***
Év – 2015 (kategória)	-0.4071	-4.82 ***
Év – 2016 (kategória)	-0.3016	-3.57 ***
Év – 2017 (kategória)	-0.2970	-3.51 ***
Év – 2018 (kategória)	-0.2806	-3.32 ***
Év – 2019 (kategória)	-0.3392	-4.00 ***
Vonatok darabszáma	0.0586	24.97 ***
Hátország – 1 (kategória)	1.6212	27.10 ***
Hátország – 2 (kategória)	2.1367	17.46 ***
Hátország – 3 (kategória)	1.4782	6.52 ***
Hátország – 4 (kategória)	3.0822	7.37 ***
ρ	0.5421	39.17 ***

- Térbeli hiba modellje
- Az általános megfigyelések továbbra sem változnak
- Autópálya-lehajtó távolságának hatása csökken

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	2.5741	2.47*
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0312	52.11***
Távolság (logaritmizált)	-0.8403	-3.93***
Buszok darabszáma	-0.0036	-3.93***
Autópálya-lehajtó távolsága	-0.0006	-0.23
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.68**
Év – 2013 (kategória)	-0.7318	-9.15***
Év – 2014 (kategória)	-0.7883	-9.80***
Év – 2015 (kategória)	-0.4287	-5.31***
Év – 2016 (kategória)	-0.3231	-4.00***
Év – 2017 (kategória)	-0.3184	-3.94***
Év – 2018 (kategória)	-0.3066	-3.78***
Év – 2019 (kategória)	-0.3677	-4.49***
Vonatok darabszáma	0.0643	26.25***
Hátország – 1 (kategória)	1.3113	23.16***
Hátország – 2 (kategória)	1.5828	13.68***
Hátország – 3 (kategória)	0.9517	4.33***
Hátország – 4 (kategória)	3.4124	8.80***
λ	0.8809	47.54***



- Térbeli hiba modellje
- Az általános megfigyelések továbbra sem változnak
- Autópálya-lehajtó távolságának hatása csökken

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	2.5741	2.47*
Lakosságszám (logaritmizált)	1.0312	52.11***
Távolság (logaritmizált)	-0.8403	-3.93***
Buszok darabszáma	-0.0036	-3.93***
Autópálya-lehajtó távolsága	-0.0006	-0.23
Év – 2012 (kategória)	-0.2143	-2.68**
Év – 2013 (kategória)	-0.7318	-9.15***
Év – 2014 (kategória)	-0.7883	-9.80***
Év – 2015 (kategória)	-0.4287	-5.31***
Év – 2016 (kategória)	-0.3231	-4.00***
Év – 2017 (kategória)	-0.3184	-3.94***
Év – 2018 (kategória)	-0.3066	-3.78***
Év – 2019 (kategória)	-0.3677	-4.49***
Vonatok darabszáma	0.0643	26.25***
Hátország – 1 (kategória)	1.3113	23.16***
Hátország – 2 (kategória)	1.5828	13.68***
Hátország – 3 (kategória)	0.9517	4.33***
Hátország – 4 (kategória)	3.4124	8.80***
λ	0.8809	47.54***

- Az eredmények nagyon hasonlóak a hibamodellhez
- A távolság kitevője jelentősen megemelkedett megközelíti az elméleti értéket
- Ezzel párhuzamosan a térbeli késleltetés paramétere negatív lesz – a kiemelkedő értékek közelében alacsonyabb értékek figyelhetők meg

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	11.6347	2.79**
Lakosságszám (logaritmizált)	0.9154	45.56***
Távolság (logaritmizált)	-1.4030	-3.79***
Buszok darabszáma	-0.0045	-4.61***
Autópálya-lehajtó távolsága	-0.0026	-1.03
Év – 2012 (kategória)	-0.2150	-2.79**
Év – 2013 (kategória)	-0.7343	-9.53***
Év – 2014 (kategória)	-0.7963	-10.28***
Év – 2015 (kategória)	-0.4396	-5.65***
Év – 2016 (kategória)	-0.3349	-4.30***
Év – 2017 (kategória)	-0.3309	-4.25***
Év – 2018 (kategória)	-0.3219	-4.11***
Év – 2019 (kategória)	-0.3895	-4.93***
Vonatok darabszáma	0.0608	25.65***
Hátország – 1 (kategória)	1.1033	19.79***
Hátország – 2 (kategória)	1.4485	13.03***
Hátország – 3 (kategória)	1.0553	4.99***
Hátország – 4 (kategória)	3.3181	8.94***
ρ	-0.7599	-19.84***
λ	0.9950	486.16***

- Az eredmények nagyon hasonlóak a hibamodellhez
- A távolság kitevője jelentősen megemelkedett megközelíti az elméleti értéket
- Ezzel párhuzamosan a térbeli késleltetés paramétere negatív lesz – a kiemelkedő értékek közelében alacsonyabb értékek figyelhetők meg

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	11.6347	2.79**
Lakosságszám (logaritmizált)	0.9154	45.56***
Távolság (logaritmizált)	-1.4030	-3.79***
Buszok darabszáma	-0.0045	-4.61***
Autópálya-lehajtó távolsága	-0.0026	-1.03
Év – 2012 (kategória)	-0.2150	-2.79**
Év – 2013 (kategória)	-0.7343	-9.53***
Év – 2014 (kategória)	-0.7963	-10.28***
Év – 2015 (kategória)	-0.4396	-5.65***
Év – 2016 (kategória)	-0.3349	-4.30***
Év – 2017 (kategória)	-0.3309	-4.25***
Év – 2018 (kategória)	-0.3219	-4.11***
Év – 2019 (kategória)	-0.3895	-4.93***
Vonatok darabszáma	0.0608	25.65***
Hátország – 1 (kategória)	1.1033	19.79***
Hátország – 2 (kategória)	1.4485	13.03***
Hátország – 3 (kategória)	1.0553	4.99***
Hátország – 4 (kategória)	3.3181	8.94***
ρ	-0.7599	-19.84***
λ	0.9950	486.16***

- Az eredmények nagyon hasonlóak a hibamodellhez
- A távolság kitevője jelentősen megemelkedett megközelíti az elméleti értéket
- Ezzel párhuzamosan a térbeli késleltetés paramétere negatív lesz – a kiemelkedő értékek közelében alacsonyabb értékek figyelhetők meg

	Paraméter	z-érték
Tengelymetszet	11.6347	2.79**
Lakosságszám (logaritmizált)	0.9154	45.56***
Távolság (logaritmizált)	-1.4030	-3.79***
Buszok darabszáma	-0.0045	-4.61***
Autópálya-lehajtó távolsága	-0.0026	-1.03
Év – 2012 (kategória)	-0.2150	-2.79**
Év – 2013 (kategória)	-0.7343	-9.53***
Év – 2014 (kategória)	-0.7963	-10.28***
Év – 2015 (kategória)	-0.4396	-5.65***
Év – 2016 (kategória)	-0.3349	-4.30***
Év – 2017 (kategória)	-0.3309	-4.25***
Év – 2018 (kategória)	-0.3219	-4.11***
Év – 2019 (kategória)	-0.3895	-4.93***
Vonatok darabszáma	0.0608	25.65***
Hátország – 1 (kategória)	1.1033	19.79***
Hátország – 2 (kategória)	1.4485	13.03***
Hátország – 3 (kategória)	1.0553	4.99***
Hátország – 4 (kategória)	3.3181	8.94***
ρ	-0.7599	-19.84***
λ	0.9950	486.16***



- A modellek összehasonlítására az *AIC* mutató használható
 - Minél kisebb annál jobbnak tekinthető a modell
- Annak eldöntésére, hogy az AIC által jelzett különbség nem csupán a véletlen műve a Likelihood-arány-teszt alkalmazható (LRT-likelihood ratio test)
 - $LR = 2(\ln L_2 - \ln L_1) \sim \chi^2(df)$
- Mivel a SAC modell esetén a legjobb az AIC mutató, továbbá a különbség is szignifikáns, így ez tekinthető a legjobb modellnek

AIC						
			$\ln L_1$	$\ln L_2$	LR	df
OLS	32904	OLS	-16433.10	-15734.62	1396.96***	1
SAR	31509	OLS	-16433.10	-15359.88	2146.44***	1
SEM	30760	OLS	-16433.10	-15130.68	2604.84***	2
SAC	30303	SAR	-15734.62	-15130.68	1207.88***	1
		SEM	-15359.88	-15130.68	458.40***	1

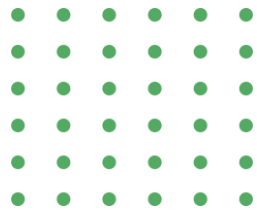


- A modellek összehasonlítására az *AIC* mutató használható
 - Minél kisebb annál jobbnak tekinthető a modell
- Annak eldöntésére, hogy az AIC által jelzett különbség nem csupán a véletlen műve a Likelihood-arány-teszt alkalmazható (LRT-likelihood ratio test)
 - $LR = 2(\ln L_2 - \ln L_1) \sim \chi^2(df)$
- Mivel a SAC modell esetén a legjobb az AIC mutató, továbbá a különbség is szignifikáns, így ez tekinthető a legjobb modellnek

AIC						
			$\ln L_1$	$\ln L_2$	LR	df
OLS	32904	OLS	-16433.10	-15734.62	1396.96***	1
SAR	31509	OLS	-16433.10	-15359.88	2146.44***	1
SEM	30760	OLS	-16433.10	-15130.68	2604.84***	2
SAC	30303	SAR	-15734.62	-15130.68	1207.88***	1
		SEM	-15359.88	-15130.68	458.40***	1



- A kialakult paraméterek alapján a következőket lehet megállapítani:
 - Az autópályák kiépítése nem befolyásolta a fizető utazások számát – a vasút személygépjárművekkel szembeni versenyképessége országos szinten megkérdőjelezhető
 - Célszerű azonosítani a 2013-2015 között történeteket, amely ennyire negatívan befolyásolta az adatokat
 - Minél több vonat közlekedik, annál több fizető utas van a rendszerben
 - A hátország befolyásolja a statisztikát – vasúti ráhordás fontossága



- Célszerű szétbontani az agglomerációs és a távolsági utazásokat
 - Agglomerációban sokkal jelentősebb az autópálya megléte
 - A párhuzamos autóbuszos kiszolgálás jellege is különbözik
- Az adatok speciális felépítése miatt fontos a térbeli súlymátrix módosítása
 - A települések többször is szerepelnek a listában, annak megfelelően, hogy az adott évben volt-e díjtermékeladás
 - Mivel a súlymátrix csak a távolságtól függ, így az évek közötti összefüggőség is jelen van
 - Célszerű lehet olyan súlymátrix vizsgálata, amely az évek között is különbséget tesz



- Térstatisztikai módszertan felhasználásával megvizsgáltuk a jegyeladási adatokat
- Térbeli autokorreláció miatt térökonometriai módszerek alkalmazása vált szükségessé
- Limitációk rejtette továbbfejlesztési lehetőségek
- Összességében egy kompakt jól alkalmazható modell került kialakításra



KÖSZÖNÖM A MEGTISZTELŐ FIGYELMET!

Dr. Szabó Zsombor
szabo.zsombor@kti.hu